应用说明书-AN219
装有 SiRFstar2t GPS 芯片集的
数字式罗盘参考设计

简介

直到最近，将 GPS 芯片与磁传感器结合起来，形成数字罗盘指向特性还是一个单纯的电路问题。今天引入 SiRFstar2t 数字处理器集成电路(IC)后，就有可能进行进一步的电路集成。这一应用说明书介绍了最新的霍尼韦尔磁传感器产品。这些产品结合 SiRF 技术 SiRFstar2t 构架，创造出基于 GPS 的导航发动机。当 GPS 系统的信号受到暂时阻碍时，仍能导航甚至定位。

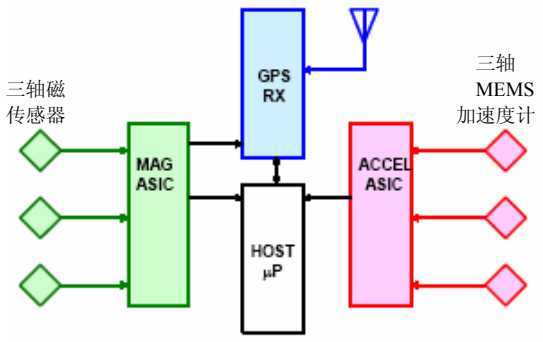

图 1
行人导航系统

应用

将 GPS 定位与导航结合在一起的两个普遍应用就是行人导航系统与车辆远程通信系统。行人导航系统用在手持 GPS 接收器和无线电话中，当 GPS 卫星接收中断时，完成区位服务（LBS）和室内导航功能。 车辆远程通信系统利用车辆方向和位置信息等定位信息来获取供方信息。一般来说，确定了目的地的行车路线图包括诸如当前的天气、施工改道等最新 LBS 信息和到达时间交通状况预测。

行人导航

行人导航电路主要适用于低压供电电池，体积小，便于安装在手机。采用 SiRFstar2t 芯片后，线路板上的 14 位 ADC 通道为磁传感器信号提供了便利的数字插入指向，以发挥其指向和定位特性。图 1 为行人导航系统的基本方框图。

位于行人导航系统的中心是主微处理机。这一处理器收集 GPS 的经度和纬度，磁传感器矢量幅值，MEMS（微型机电系统）加速度计矢量幅值和任何系统状态数据。GPS 接收器通常由天线、射频（RF）前端电路和解调器部分组成，产生航途基准点数据流和接收器接收状态。大多数接收器使用两个芯片来转换自几十颗绕地球旋转的 GPS 卫星的 1227.6MHz 信号（L2 下行线路）。

磁传感器的三条轴线将地球的外层磁场分成了 X、Y、Z 三个矢量分量。这种磁场的三位表示法需要变为二维，以形成航向罗盘方位（航向=arctan Y/X）。使用从三轴 MEMS 加速度计输入的螺旋角和滚动角，倾角补偿 X',Y' 的值可被转化成航向。磁传感器和 MEMS 加速度计的信号，要用特定用途集成电路（ASICs）进行信号调节，然后再传送到主微处理机。

磁传感器 ASIC 输出通常是 X、Y、Z 磁性测量的模拟表示，要求高分辨率数字化，以求获取精确航向输出。为此，10-16 位模拟/数字转换器（ADC）电路或被装在 GPS 解调器集成电路（IC）上或被装在主微处理机上。这样，集成度高，而成本低。在这一特定应用说明书中，SiRFstar2t 解调器集成电路（IC）为外部传感器信号输入提供两个 14 位输入。在其它无线电话芯片中，电话的 RF 解调器可以将 GPS 解调器和传感器 ADC 输入结合起来。

行人导航的另一个方面是 MEMS 加速度计和加速度计 ASIC 除了罗盘倾角补偿外，还起到另外一个作用，即计算原始步数的计步器和计算诸如步进和步向的应用计步器。

虽然计步对于用户健康是很方便的，但是室内导航依靠的是利用统计学的知识在步速（或走，或跑，或爬楼梯）的基础上预测步进。GPS 通过 GPS 航图基准

点对脚步的每一个变化进行积极的远程追踪，然后再进行步进预测。步向是统计计步数据的一部分，必须要对其进行分类。前步、后步、侧步以及楼梯步都可能需要用来追踪人每走一步引起的位置的变化。

由于无线电话可以放在诸如上衣口袋里，腰带上或是放在手提包里，所以当电话听筒相对于用户的位置发生改变的时候，必须不断更新步向。每走一步或每跨一步，就会有一个相应的罗盘针指向。这样一来，从最后一个 GPS 航图基准点中获取的距离和指向信息，通过室内航位推测法来进行导航。图 2 是典型的一个行人在室内走动，手机装在上衣口袋里。

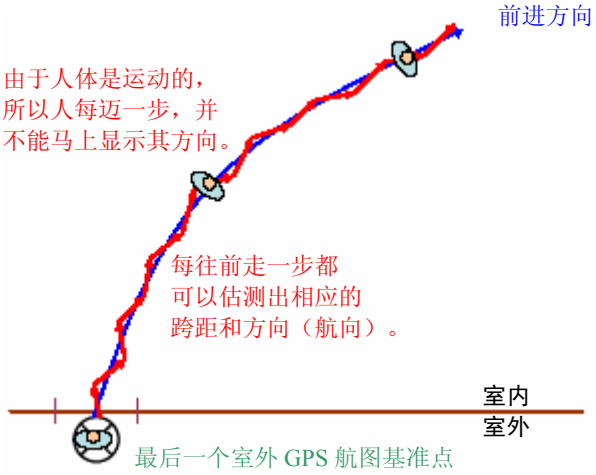

图 2
室内行人导航

从上面这幅图我们可以看出，每走一步都会引起方向和位置的变化。简单的运算使用从近来在航图基准点间的户外走动得出的固定的跨距，更为复杂的运算则跟踪每时每刻的跨步，并根据慢走、快走和跑步的步速来调整跨距。

车辆远程通信

远程通信将无线通信与导航装置结合起来，为车上司机或乘客提供关于车辆的位置和方向信息。虽然逐圈地图和导航是“杀手级应用”，指示方向允许适当的地图定向和额外的出栈进栈数据流。远程通信出栈数据是司机或乘客需要的前方信息。加油和饭店位置、旅游景点和网络内容“数据挖掘”等都是数据出栈的典型例子。

进栈数据是当方向和位置发生变化时，人们自主或不自主地发送的以地点为基础的内容。当地公司购买液晶显示屏（LCD）控制板上的空间，刊登区位广告就是典型的进栈数据。了解到你的前进方向和喜欢的品牌后，产品和服务提供商就会据此往你的 LCD 上上传横幅广告。

这些广告为远程通信服务提供商提供资助，从而用户就可以免费或低价享受车辆远程通信服务。根据从 CAN-bus 上获得的车辆油量指示表的读数，弹出式广告会登出你最喜欢的燃料品牌服务站（比如 BP 加油站），告诉你下一个站点的位置和距离并提供当前燃料价格和待售产品。图 3 是一个典型的远程通信系统流程图。

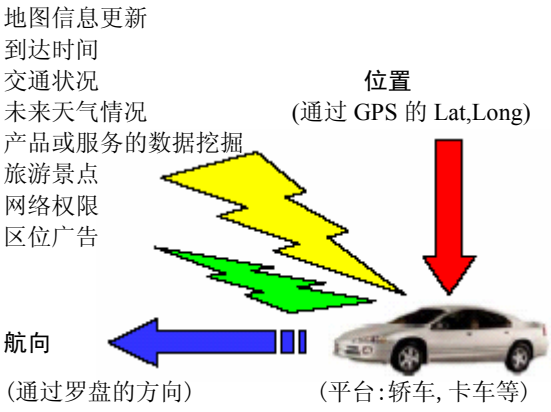

图 3
远程通信系统流程图

远程通信方框图与行人导航图几乎相同，唯一的区别在于，远程通信方框图中加速度计可以去掉，换成一个或几个车轮转速传感器，用来计算车轮转数，并根据当前的位置，估测每转一圈的距离。一般来说，GPS 安装在车上比安装在室内无线电话上效果要好。但是，茂密的植物、密封的桥梁、隧道和城市环境（高楼大厦）会阻碍 GPS 信号的接收。

电路设计

谈到电路的细节问题，建议使用 HMC6042 双轴传感器和 ASIC，以实现远程通信应用中最佳集成。图 4 是基本电路示意图，图中 SiRF GSP2t 跟踪器引擎 IC，一端与 GRF2i 射频前端 IC 相连，一端与主机(主处理器)相连。备用 GSP2t ADC 插脚（ADC2 和 ADC3）与 HMC6042 X 和 Y 轴输出端插脚相连。除了集成电路封装件以外，还需要两个 2.2 和 0.22 微法拉的低 ESR 陶瓷电容器，以产生置位脉冲和复位脉冲，来带动传感器上的置位或重置带，进行定期消磁和偏置补偿。

上海:Tel:021-62370237 北京:Tel:010-84583280 广州: Tel:020-84101800 香港:Tel：00852-29536412 http://www.honeywell-sensor.com.cn

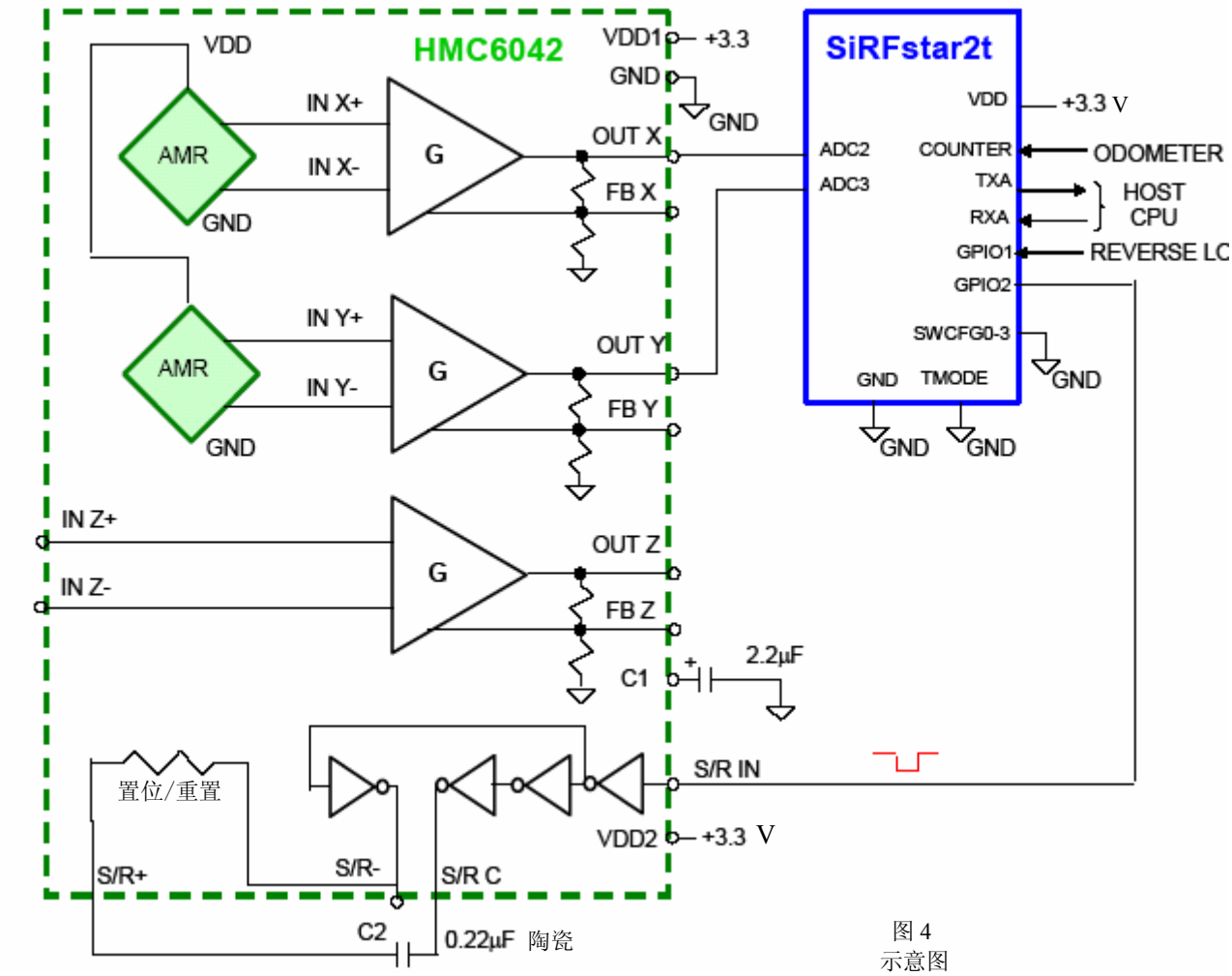

图 4
示意图

霍尼韦尔 HMC6042 双轴磁传感器 IC 是一种包括两块硅基片的集成电路芯片，用来传感和调节信号。HMC6042 IC 包括 HMC1042 双轴传感器芯片和 ASIC 芯片，还有一对线性低磁场磁传感器，当线性电压输出放大时，可以适应高达±6 高斯的磁场。在部分饱和前，传感器能适应高达±20 高斯的外部磁场。由于地球的天然磁场大约为±0.6 高斯，超过 20 高斯的磁场一般都接近已被磁化的手持工具（螺丝刀，钳子等）、扬声器磁体、电视机或视频监视器、测试设备电源变压器，或是焊接设备或供电线路上的强电流电线。

如果传感器和整个电路组件暴露于这些高磁场中，在大多数情况下，传感器的置位和重置脉冲将恢复磁传感器功能，罗盘针将返回出厂设置。在极高的磁场中暴露时，电子部件的镍板上会产生磁性，从而导致罗盘针指向失灵。因为部件释放的磁通量，使外部地球表面磁场增大。使用商业消磁棒（磁带消磁器）可以消除部件的剩磁。

在 HMR6042 磁传感器 IC 中，用来进行信号调节的 ASIC 接收来自传感器的毫伏输出信号，再将这些信号放大约 225 倍，再将这些信号集中在 0 高斯半供电水平（比如：3.3V 供电电压的 1.65V 供电电压）。这个过程涉及到三个放大部分，其中为外部 Z 轴磁传感器与第三输入信号相连。

HMR5003 ASIC 在每置位或重置带 400 mA 或更高的电流下，需要产生 1-2 微秒长的置位和重置脉冲。由于大多数应用中使用的电流限制供电电池，这些脉冲由为 2.2 微法拉 C1 电容器充电的细流产生。电容器用作 H-bridge MOSFET 带驱动支路的低能贮存器，

为传感器置位/重置带提供电压。0.22 微法拉的电容器 C2 把脉冲时间固定在 1 微秒左右，从而阻止直流电通过驱动器输出节点进入带。在三轴应用中，置位/重置带连接使 Z 轴磁传感器的置位/重置带平行于内部带。增加外部带时，电容器 C1 和 C2 的值要增加一倍（4.7uF 和 0.47uF）。

HMC6042 有两个正供电电压插脚（VDD1 和 VDD2），用来分开传感器和放大器（VDD1）的电源与置位/重置带驱动器的电源（VDD2）。通常情况下，置位与复位带驱动器可以永久地连接到供电电池。这是因为脉冲施加后，驱动器几乎不用电。置位/重置逻辑输入插脚（S/R IN）形成高压重置脉冲，用于低压逻辑转换，然后再形成低压重置脉冲，用于高压逻辑返回。这些逻辑变化之间一般间隔几毫秒。一般说来，当传感器桥的每次脉冲偏置电压测定完成至少 500 毫秒后，ADC 才开始测量。见 AN212 和 AN213 应用说明书，关于偏置和置位/重置带功能部分。

为了节省电池能量，VDD1 连接可以在磁传感器测量周期断电，以减少几毫安的供电。这种做法可使手机节省大量能量，但在远程通信应用中并不一定具有优势。

无线手机电路

对于无线手机和个人 GPS 接收器，SiRF GSP2t 和霍尼韦尔 HMC6042 IC 的结合也可以发挥室内或行人导航功能。然而手机可以任意改变位置，所以就要求罗盘设计中使用三轴磁传感器和至少双轴 MEMS 加速度计。为此，霍尼韦尔 HMC6042 IC 磁传感器中增加了 HMC1041Z z 轴磁传感器成为第三轴。图 5 为手机导航系统的完整系统示意图。

由于 SiRF GPS2t 跟踪引擎只有两个模/数转换器输入端口，所以用一个外部微型模拟开关 IC 来完成 HMC6042 传感器 IC Y-Z 输入轴的多路传输。选用 SSOP-8 组件中日本东芝公司的 TC7W66FK 双模拟开关，成本低，体积小，功能多。虽然图 5 中没有表示出，但是诸如 MEMSIC MXD6020G 的 MEMS 加速度计可以通过加速度计的两个脉宽调制(PWN)输出插脚与主处理器（主机）相连。这些 PWM 输出插脚通常输出运转频率为 100Hz，平均输出为工作循环的

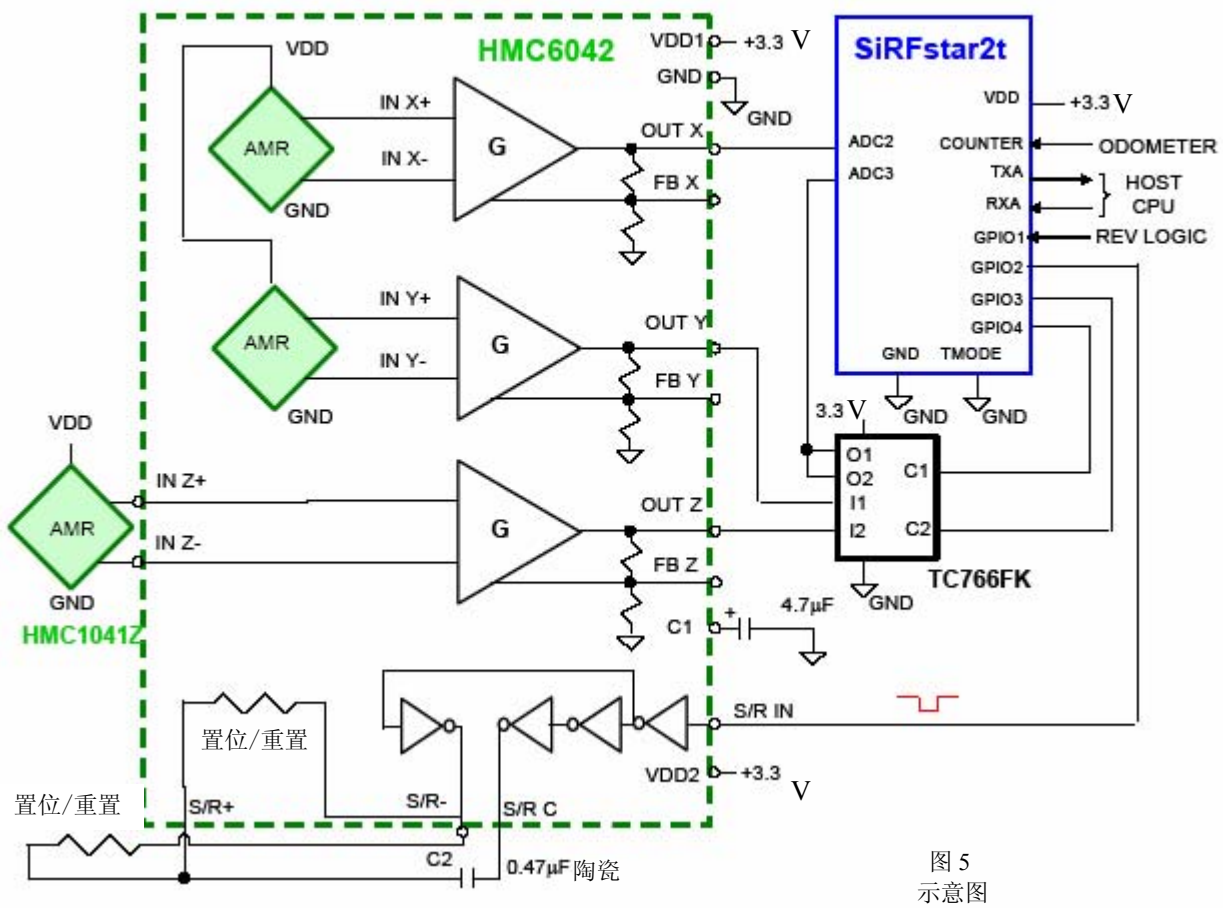

图 5
示意图

上海:Tel:021-62370237 北京:Tel:010-84583280 广州: Tel:020-84101800 香港:Tel：00852-29536412 http://www.honeywell-sensor.com.cn

50%（手机呈水平状态）。当螺旋角和滚动角在±90°之间旋转时，其输出为工作循环的 30%-70%。如果手机需要朝向正前方，那么就需要三轴加速计。这样就能根据手机是出于水平还是垂直位置来自动选择 XY 或 YZ 正向。

用加速度计进行脚步或步数测量并不是微不足道的，通过加速度计中的专用电路或主处理器(主机)中的数字运算法则即可完成，进而辨别加速度的突然变化，同时记下罗盘针倾角补偿的螺旋角和滚动角的精确数值。霍尼韦尔拥有基于处理器的步进或跨距测量的运算法则。可就生产许可问题进行接触。

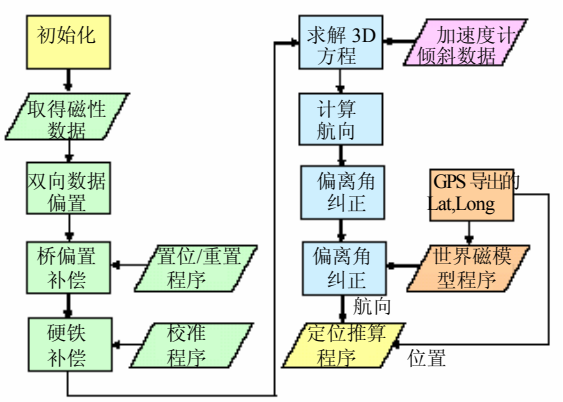

图 6
罗盘固件的流程图表

系统和固件设计

正如前面几部分所述，室内导航的航位推测法是数字式罗盘、GPS 和计步功能的复杂融合。定位误差的主要根源是罗盘航向（误差的 75%）和跨距估计（误差的 25%）。所以对消费者电子设备的合理定位，从最后一次 GPS 航图基准点出发的距离误差为 5%是正常的。

为了提高定位的准确性，罗盘系统精确度在正常使用和适度倾斜状态下应该接近 1°。由于罗盘误差累积很大程度上取决于螺旋角和滚动角的精确度，所以所选择的 MEMS 加速度计必须有足够的倾斜精确度，尽可能不要超出 1°的定位误差范围。在北美地区，螺旋角误差或滚动角误差不足 0.25°，造成的罗盘指向误差可能达到±0.5°。有竞争力的航位推测系统设计者为节省成本，使用压电加速度计和廉价的磁传感器元件，从而导致罗盘针精确度不到 2°，进而使室内导航系统不能发挥其应有的作用。当处在密集的建筑物中，没有机会获得 GPS 航图基准点的更新信息时，更是如此。

数字式罗盘固件并不是新手设计者由于设计时间短而进行的尝试。在大多数情况下，需要花费几百到一千个小时完成固件的开发和测试后，才能成功完成一个罗盘路径的设计。然后再花差不多同样多的时间完成航位推测数据融合、GPS 和航位推测定位的卡尔曼过滤以及计步数据库路径设计。图 6 为罗盘固件的流程图表。

罗盘固件过程始于磁传感器数据获取的主要路径、数据修正和方位估算。为提供最高的罗盘精确度，磁传感器的每条数据轴必须被迅速数据化。这既是为了节约电源，也是为了避免行人在相邻时刻相邻方位的感应（快镜头）。同时，为了快镜头的原因，也要求获得最佳螺旋角和滚动角。

由于磁场测量在数值上是双向的，每根磁传感器轴 ADC 的值必须减去其 0 高斯 ADC 值。这样一来，负值就可以用 2 的补码形式来表示。一般情况下，0 高斯 ADC 值补偿大约是 ADC 范围的一半或是供电电压一半的位置。

每根磁传感器轴的第二个偏置是桥偏置电压。虽然每个传感器桥的偏置电压是恒定的，但是其值也随温度而发生明显的变化。所以必须定期进行桥偏置计算，ADC 中的桥必须从磁传感器数据中扣除。这一桥偏置电压测量在应用说明 AN212 中有详细说明，但是通常需要在脉冲重置和置位后进行测量。当计算测量结果总和时，使地球磁场归零，只留下桥偏置。

最后一条磁传感器偏置路径是为了硬铁校准。虽然大多数手机都不需要出厂值以外的校准，把远程通信接收器装在仪表盘上或者把手机放到车辆的支架上，车辆的底盘和发动机产生 1 高斯或 2 高斯的磁场，进而与地球磁场相结合，使罗盘航向产生弯曲。要消除附近从地球远磁场的硬铁辐射，通过设计固件路径，可以校正每根传感器量测轴上的硬铁偏置。

对于双轴远程通信应用，硬铁校准路径会促使司机以环形方式驾驶，以获取每根轴的最大值和最小值。一个循环结束后，计算每根轴的平均值并用作偏置，并把后来的数据集中在 0 高斯点周围。在手机三轴应用中，也需要用同样的环形翻转，再加上倒转位置，从而得出 Z 轴的平均值。

当磁传感器的三条轴都完成了这三种偏置后，把新校正过的磁场值与螺旋角和滚动角插入到方位计算路径中。对于双轴设计，方程式为反正切函数（Y/X），浮点处理器可直接计算反正切函数的商。对于没有浮点发动机的微控制器来说，反正切一定是控制器上的存储映像。

幸运的是反正切存储映像只需要映射 90°，因为函数在 360°中重复 90°象限。记下 XY 的磁数据符号，90°映像可校正为正确的象限。为了按大小排列存储映像，分辨率会把反正切函数推入映像象限。对于分辨率为 1°的罗盘，大约有 90 个存储器方位有反正切值，以与（Y/X）的商相符。所以要达到 0.1°的分辨率，就需要 900 个存储器方位。要达到 0.5°方位分辨率，就需要大约 180 个存储器方位。一般情况下，室内航向方位分辨率为 0.1°，用 1°精度的罗盘。

对于三轴应用，要解两个扁率方程，把 XYZ 磁场值以及螺旋角和滚动角转化成倾角偏置 X’ Y’，然后再进行最后的反正切运算。方程式如下：

$$X' = X * \cos(\phi) + Y * \sin(\theta) * \sin(\phi) - Z * \cos(\theta) * \sin(\phi)$$

$$Y' = Y * \cos(\theta) + Z * \sin(\theta)$$

加速度计提供的螺旋角和滚动角为数字余弦 Φ 和余弦 θ 形式，所以不再需要用三角函数存储映像。正弦值是 1 减去余弦值，即可得到扁率方程(3D 到 2D)的所有数值。

到现在还没提到的就是加速度计校准问题，以得出准确的螺旋角和滚动角。校准加速度计通常是生产厂家的工作，加速度计角线性良好是很重要的。终端用户把手机或车辆放到已知的水平面上，就可将螺旋角和滚动角归零，但是在加速度计中必须要有非线性校正值。

如果加速度计未提供倾角校准，必须要在工厂条件下进行一系列自动化倾角测试，用受激条件下测得的螺旋角和滚动角来代替给线性校正值。当罗盘精确度为 1°，而要求螺旋角和滚动角精确度为 0.5°时，这种方法就极其重要了。

结束语：

磁传感器和 GPS 系统相结合，很好的完成了从简单到复杂的导航任务。GPS 接收器本身可以获取处于运动状态的平台的方位信息。但是当运动减慢（就象交通一样），通过航图基准点来推测方位就很不准确了。当处于某一固定位置的人旋转身体时，手机中就必须要有罗盘航行系统。

为了更好的描述不同级别的磁传感器和 GPS 的效用，图 7 介绍了磁传感器三种等级的精确度。低档磁场传感器可以被称为方位传感器，可用于基础地图导航和 4-8 个基础方位导航（东、西、南、北）。高精度磁场传感器，可用于 LBS 定位和远程通信以及 16 个方位导航，精确度高于±2°，需要进行航位推测、空中和海上导航应用。虽然以前购买高精度导航系统要花费几百美元，但是这一技术说明中的集成电路每个只需几美元。

磁传感器精确度	GPS 和磁传感器应用
低档（＞±5°）	方位感应（不是罗盘）、正确读数说明的地图导航。
中档（±2°-±5°）	基本的位置的服务和远程通信的主要方位导航（东、西、南、北）。
高精度（＜±2°）	诸如航位推测法，轮船和飞机导航等导航级应用。

图 7
精度等级

如果还有其它问题，请拨打应用支持电话：800-323-8295 （美国免费）或 763-954-2474
也可访问我们的网站：www.magneticsensor.com